УДК 621.315

Режимы одноцепных воздушных линий электропередачи 110—330 кВ с использованием резервной фазы[1]

Д. С. Левин
(Саратовский государственный технический университет)

Для повышения надёжности работы воздушных линий электропередачи предлагается использовать резервную фазу, резервирующую любой из повреждённых фазных проводов и позволяющую производить пофазную плавку гололёдно-изморозевых отложений при сохранении бесперебойности электроснабжения потребителя. Проведён анализ режимов и последующее обоснование, исходя из полученных данных, возможности применения на воздушных линиях классом напряжения 110—330 кВ резервной фазы без существенного нарушения качества электроэнергии. В качестве резервной фазы используется грозозащитный трос с параметрами фазного провода и фазной изоляцией, использующийся в грозовые сезоны для защиты воздушных линий от грозовых перенапряжений, а в остальное время — в качестве четвёртого резервного провода. В программе Matlab (Simulink) разработана электродинамическая модель и проанализированы параметры режима работы воздушной линии при использовании четвёртого провода в качестве резервной фазы.
Ключевые слова: *резервная фаза, грозозащитный трос, четвёртый провод, гололёдно-изморозевые отложения, пофазная плавка, воздушная линия электропередачи.*

Введение. Более половины всех повреждений воздушных линий электропередачи (ВЛЭП) происходит вследствие гололёдно-ветровых воздействий. Гололёдно-ветровые воздействия, как правило, охватывают значительные территории и могут приводить к обрывам проводов и грозозащитных тросов, поломке арматуры, повреждению опор и, в конечном счёте, к потере работоспособности линии и большому материальному ущербу. Наиболее простой и удобный способ плавки отложений — метод короткого замыкания, но, при этом, как правило, приходится отключать всю линию, тем самым нарушая надёжность электроснабжения.

Применение резервной фазы позволит осуществлять пофазный ремонт и производить пофазную плавку гололёдно-изморозевых отложений не отключая линию. Таким образом, возможно повысить надёжность электроснабжения потребителя.

Анализ использования резервной фазы. В настоящей статье изложены результаты моделирования режимов работы ВЛЭП 110—330 кВ с резервной фазой.

Электропередача с резервной фазой рассмотрена на примере одноцепных воздушных линий (ВЛ) напряжением 110 кВ с проводом АС-70, 220 кВ — АС-240 и 330 кВ — 2хАС-240. В расчётах транспонирование линии не учитывалось. Предварительная мощность, передаваемая по линии электропередачи (ЛЭП), и предельное значение длины определяется исходя из таблицы 1 [2].

Таблица 1

Натуральная мощность и предельные значения длины ВЛ 110—330 кВ

Номинальное напряжение, кВ	Натуральная мощность ВЛ, МВт	Предельное значение длины ВЛ, км
110 (157)	40	80
220	160	250
330[2]	360	400

В прикладной программе Simulink программного пакета Matlab при помощи инструмента Compute RLC Line Parameters блока Powerqui были вычислены параметры ЛЭП на основании характеристик проводов и геометрических размеров линии (рис. 1).

[1] Работа выполнена в рамках инициативной НИР.
[2] Для ВЛ 330 кВ была взята мощность 310 МВт, исходя из максимального тока выбранного провода марки АС-240.

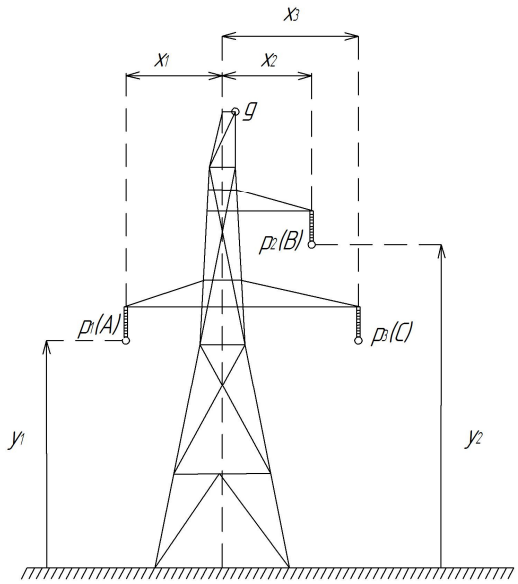

Рис. 1. Модель опоры одноцепной ВЛЭП: *p* — фазный провод, *g* — грозозащитный трос, *x* и *y* — координаты провода

Геометрические параметры расположения проводов ВЛ в пространстве представлены в таблице 2.

Таблица 2

Геометрические параметры расположения проводов ВЛ в пространстве

Напряжение ВЛ, кВ	Провод	Фаза	x, м	y, м
110	p1	A	-2,1	19
	p2	B	3,5	23
	p3	C	4,2	19
	g1	резервная фаза-грозотрос	0	25
220	p1	A	-3,9	25,5
	p2	B	3,5	32
	p3	C	6,1	25,5
	g1	резервная фаза-грозотрос	0	36
330	p1	A	-5,8	25,5
	p2	B	4,8	33
	p3	C	8,3	25,5
	g1	резервная фаза-грозотрос	0	37,7

При помощи библиотеки блоков Sim Power Systems была смоделирована модель ВЛЭП представленная на рисунке 3.

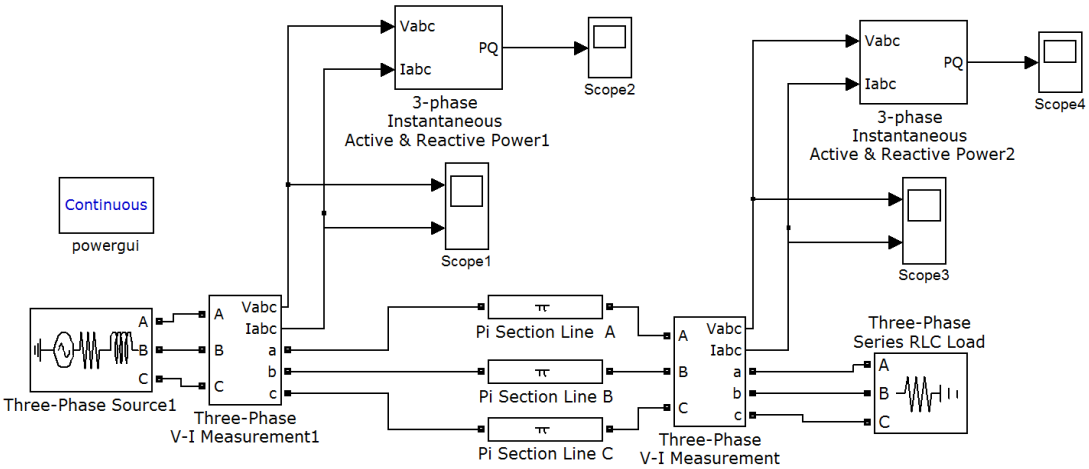

Рис. 3. Электродинамическая модель воздушной линии электропередачи

Принципиальная схема модели в Simulink состоит из следующих блоков:

— Three-Phase Source — моделирует трёхфазный источник напряжения,

— PI Section Line — моделирует однофазную линию электропередачи с сосредоточенными параметрами,

— Three-Phase Series RLC Load — моделирует трёхфазную нагрузку,

— 3-phase Instantaneous Active & Reactive Power — выполняет измерение активной и реактивной мощностей в трёхфазных цепях,

— Three-Phase V-I Measurement — выполняет измерение токов и напряжений в трёхфазных цепях,

— Scope — отображает графики сигналов,

— Powerqui — осуществляет расчёт установившегося режима.

По полученным параметрам линии были рассчитаны режимы ВЛЭП при поочерёдном включении резервной фазы g1 вместо основных проводов p1, p2, p3 (табл. 3).

Таблица 3

Параметры режима эксплуатации ВЛ 110 кВ с резервной фазой

Варианты исполнения ВЛ	Режимы эксплуатации ВЛ	Коэффициент несимметрии по обратной последовательности и потеря напряжения в линии					
		110 кВ		220 кВ		330 кВ	
		K_{HU2}, %	ΔU, %	K_{KU2}, %	ΔU, %	K_{HU2}, %	ΔU, %
ВЛ традиционного исполнения	Нормальный режим	0,056	12,84	0,105	11,74	0,198	3,55
ВЛ с резервной фазой	g1 включён вместо p1	0,337	12,39	0,314	11,4	0,243	3,45
	g1 включён вместо p2	0,367	12,9	0,335	12,2	0,091	4,13
	g1 включён вместо p3	0,140	12,77	0,209	11,33	0,229	3,41

Заключение. Анализ режимов эксплуатации ВЛ 110—330 кВ с резервной фазой показывает, что, при поочерёдном включении резервного провода вместо основных проводов линии уровни несимметрии напряжения по обратной последовательности значительно ниже допускаемого нормативного значения, составляющего 2 % [2], значения потерь напряжений незначительно отличаются от потерь линии в нормальном режиме, поэтому эксплуатация линии с резервным проводом применима наравне с нормальной эксплуатацией линии.

Библиографический список

1. Использование грозозащитного троса в качестве резервной фазы на воздушных линиях электропередачи / Д. С. Левин [и др.] // Вестник Саратовского государственного технического университета. — 2010. — Вып. 3, № 4 (51). — С. 76—81.

2. Методические рекомендации по определению предварительных параметров выдачи мощности строящихся (реконструируемых) генерирующих объектов в условиях нормальных режимов функционирования энергосистемы, учитываемых при определении платы за технологическое присоединение таких генерирующих объектов к объектам электросетевого хозяйства. Утверждены приказом Минпромэнерго России от 30 апреля 2008 г. № 216.

3. ГОСТ 13109-97. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. Минск : Межгосстандарт, 1997. — 30 с.

Материал поступил в редакцию 09.07.2012.

References

1. Levin, D. S., et al. Ispol`zovanie grozozashhitnogo trosa v kachestve rezervnoj fazy` na vozdushny`x liniyax e`lektroperedachi. [Use of shield wire as redundant phase on overhead transmission lines.] Vestnik Saratovskogo gosudarstvennogo texnicheskogo universiteta, 2010, iss. 3, no. 4(51), pp. 76—81 (in Russian).

2. Metodicheskie rekomendacii po opredeleniyu predvaritel`ny`x para-metrov vy`dachi moshhnosti stroyashhixsya (rekonstruiruemy`x) generiruyushhix ob``ektov v usloviyax normal`ny`x rezhimov funkcionirovaniya e`nergosistemy`, uchity`vaemy`x pri opredelenii platy` za texnologicheskoe prisoedinenie takix generiruyushhix ob``ektov k ob``ektam e`lektrosetevogo xozyajstva. Utverzhdeny` prikazom Minprome`nergo Rossii ot 30 aprelya 2008 g. № 216. [Recommended practice for definition of preliminary power output parameters of generating objects under construction (reconstruction) in normal modes of network considered determination of rate for technological connection of such generating objects with transmission facilities. Approved by the order of the Ministry of Industry and Energy of Russia d/d 30.04.2008, no. 216.] (in Russian).

3. GOST 13109-97. E`lektricheskaya e`nergiya. Sovmestimost` texnicheskix sredstv e`lektromagnitnaya. Normy` kachestva e`lektricheskoj e`nergii v sistemax e`lektrosnabzheniya obshhego naznacheniya. [State standard 13109-97. Electric energy. Electromagnetic compatibility of technical equipment. Power quality limits in public electrical systems.] Minsk : Mezhgosstandart, 1997, 30 p. (in Russian).

REGIMES OF 110—330 KV SINGLE-CIRCUIT OVERHEAD TRANSMISSION LINES WITH REDUNDANT PHASE[1]

D. S. Levin
(Saratov State Technical University)

To improve the performance reliability of the overhead power lines, a redundant phase that can reserve any of the damaged phase conductor, and allow single-phase fusing glaze-ice and rime depositions with conservation of the consumer supply continuity is offered for use. The mode analysis and the subsequent rationale are performed on the basis of the obtained data, the application possibility of the redundant phase for the overhead power lines with 110—330 kV voltage rating without the substantial power quality damage. As a redundant phase, the ground wire with phase conductor parameters and phase insulation is used. It serves to protect overhead circuits from the atmospheric overvoltage in thunderstorm seasons, and as a redundant fourth wire — during the rest of the time. In Matlab (Simulink) program, an electrodynamical simulation model is developed, and the operating regime parameters of the overhead circuit using the fourth wire as a redundant phase are analyzed.

Keywords: *redundant phase, ground wire, fourth wire, glaze-ice and rime depositions, single-phase fusion, overhead transmission line.*

[1] The research is done within the frame of the independent R&D.